CDD: 588.2

BRIÓFITAS DA SERRA DOS CARAJÁS E SUA POSSÍVEL UTILIZAÇÃO COMO INDICADORAS DE METAIS[1]

Regina C. L. Lisboa[2]
Fernanda Ilkiu-Borges[3]

RESUMO – Na Serra dos Carajás, província mineral situada no Sul do Estado do Pará, rica em minérios de ferro, manganês, cobre, ouro, níquel etc., foi realizada uma pesquisa visando determinar a diversidade específica das briófitas nos diferentes ecossistemas da serra e suas associações a determinados depósitos minerais, procurando por espécies que poderiam ser utilizadas como indicadoras da presença de metais. Os resultados parciais mostram maior diversidade específica na canga (minério de ferro) e preferência pelo habitat rupestre. As famílias mais destacadas foram Calymperaceae, Dicranaceae e Hypnaceae, tanto em número de espécies, como em número de espécimes. As espécies mais freqüentes foram Campylopus savannarum *(C. Müll.) Mitt., para a canga, e* Calymperes lonchophyllum *Schwaegr., para a mata de terra firme do Projeto Bahia, muito rica em ouro.*

PALAVRAS-CHAVE: Briófitas, Musgos, Indicadores de metais, Riqueza específica, Carajás.

ABSTRACT – Bryophytes in the Carajás Mountains and their possible utilization as heavy metal indicators. This study was carried out in the Carajás uplift, a large mineral reserve located in the south of Pará state, Brazil. The Carajás area

[1] Trabalho apresentado na I Reunião dos Botânicos da Amazônia, realizada nos dias 26 a 30 de junho de 1995, em Belém, Pará. Projeto desenvolvido com auxílios financeiros do Fundo Nacional de Meio Ambiente (FNMA), Companhia Vale do Rio Doce, Fundação Margareth Mee e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq/MPEG.

[2] PR-MCT/CNPq.Museu Paraense Emílio Goeldi. Departamento de Botânica. Caixa Postal 399. CEP: 66.040-170. Belém, PA.

[3] Aluna da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará-FCAP.



contains vast reserves of iron (Fe), manganese (Mn), copper (Cu), nickel (Ni) and gold (Au). This study aims to identify and describe the bryophyte flora and its relationship of some moss species with identified mineral deposits, looking for species that could be used as heavy metal indicators. The partial results show that the canga vegetation has the highest species richness for mosses. These species grow preferentially on rocks in rupestrian habitats. Calymperaceae, Dicranaceae and Hypnaceae were the most common families of mosses, both in number of species and number of specimens. The more abundant species were Campylopus savannarum in canga vegetation and Calymperes lonchophyllum *in the upland forest of the Project Bahia area, an area with abundant gold reserves.*

KEY WORDS: Bryophytes; Mosses, Bioindicators, Species Richness, Carajás.

INTRODUÇÃO

A província mineral de Carajás está situada no sul do Pará e em parte do Estado do Tocantins, na área de influência das bacias dos rios Araguaia, Tocantins e Xingu (Figura 1). Possui cerca de 150.000 km² e apresenta-se rica em minérios de ferro, alumínio, manganês, cobre, níquel, cromo, estanho, tungstênio, ouro e zinco. Segundo Silva (1991), a serra dos Carajás (5°54'-6°33'S; 49°53'-50°34'W), propriamente dita, situa-se a 130 km a Oeste do Município de Marabá, sendo cortada pelos rios Itacaiunas e Parauapebas (Figuras 2-3). Apresenta clima tropical, quente e úmido, temperaturas entre 24,3 e 28,3°C. Nos platôs o clima é tipo serrano, com temperaturas médias de 21 a 23°C. Nestas serras, as principais elevações são Serra Norte, Serra Sul e Serra Leste. Na Serra Norte ocorrem vários morros de minério de ferro com elevações de 600 a 800 m (N1, N2, N3, N4, N5 etc.). Nestas jazidas de ferro ocorre o afloramento rochoso denominado de canga hematítica, segundo Silva (1991) conhecida vulgarmente como solo tipo "canga". Além dos minérios de ferro, encontram-se ouro, cobre, manganês e níquel, entre outros. Sobre estes minérios estão dois grandes grupos vegetacionais: floresta tropical pluvial (Figura 4), ocupando mais de 95% da área, e vegetação metalófila ou campo rupestre ou vegetação de canga (Figura 5), correspondendo a 2 ou 3% da área. Estas vegetações estão sobre uma grande variedade de solos, contendo diferentes minérios. Os vegetais



superiores que ali ocorrem já foram estudados por alguns botânicos, cujos trabalhos encontram-se em Brasil (1981), Conselho Internacional do Grande Carajás (1981), Diniz et al. (1982), Flores et al. (1983), Secco & Mesquita (1983) e outros. Entretanto, não há referência sobre a vegetação briofítica.

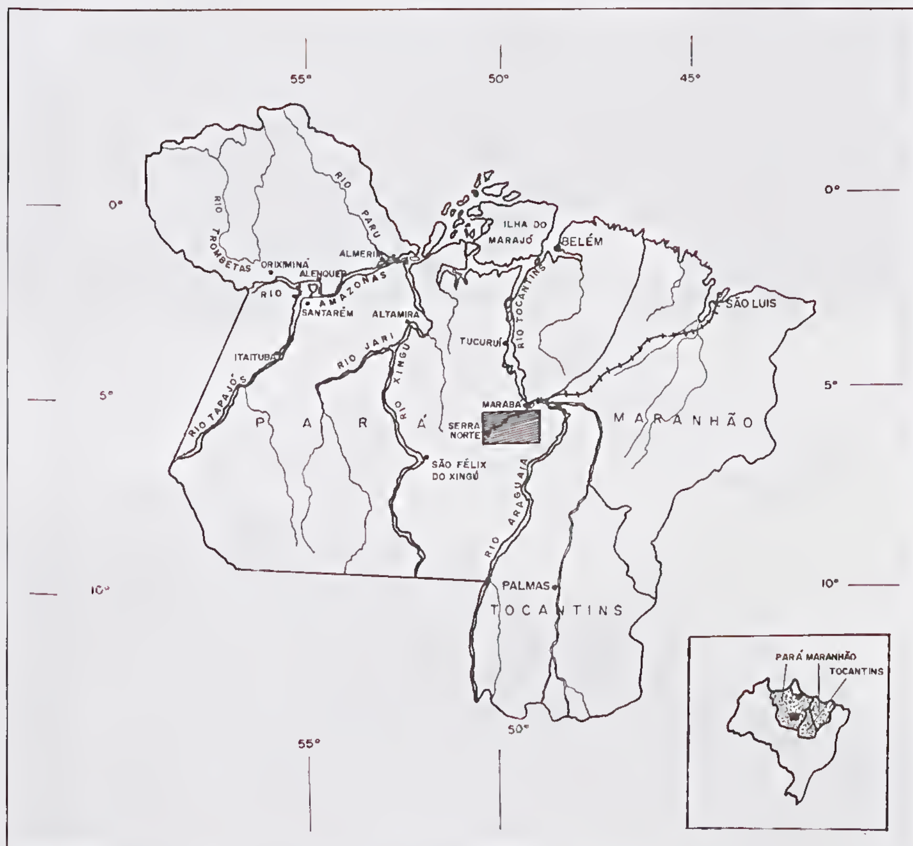


Figura 1 - Localização da Serra dos Carajás, Pará, entre os rios Xingu e Araguaia.

A análise das briófitas para pesquisa de elementos minerais tem sido bastante usada, porque elas concentram muitos elementos que estão em excesso, no solo ou em outros substratos. Segundo Seaward & Bylinska (1980, citado por Ando & Matsuo 1984), o valor potencial das briófitas é

muito mais alto do que de plantas vasculares, para avaliação geoquímica. Pela presença de certas espécies de briófitas num determinado local, pode-se obter uma idéia dos depósitos minerais ali existentes. São espécies que estão estreitamente associadas com determinados depósitos minerais. Por exemplo, os chamados musgos do cobre ("copper mosses") ou musgos do enxofre ("sulphur mosses") são encontrados sobre rochas ou solos de cobre, mas também sobre minério de zinco, ferro e chumbo sob forma de sulfuretos, assim como em fontes de enxofre.

O objetivo deste trabalho é determinar a diversidade específica das briófitas nos diferentes ecossistemas da Serra dos Carajás, procurando associá-las a determinados depósitos minerais.

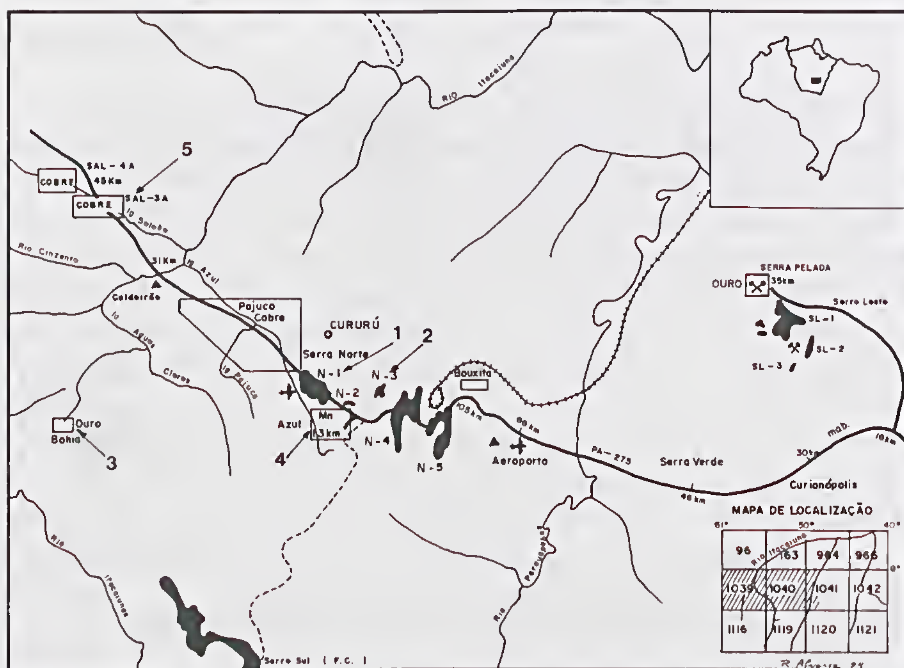


Figura 2 - Mapa da Serra dos Carajás, mostrando os locais de coleta: 1 e 2 - Cangas; 3 - Projeto Bahia; 4 - Igarapé Azul e 5 - Projeto Salobo (Adaptado de Silva, 1991).



Figura 3 - Trecho do rio Itacaiunas, que corta a Serra dos Carajás.



Figura 4 - Trecho de mata de terra firme da Serra dos Carajás.

SciELO



Figura 5. Diferentes aspectos da vegetação de canga da Serra dos Carajás.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizadas três excursões para a Serra dos Carajás em setembro e outubro de 1992 e março e abril de 1993, quando 2.078 amostras de briófitas foram coletadas. As áreas de coleta escolhidas foram as cangas do N1 e N3 (minério de ferro), as vegetações sobre minério do ouro (igarapé Bahia, Figura 6), de manganês (igarapé Azul, Figura 7), de cobre (igarapé Salobo) e de níquel (Serra Vermelha).



Figura 6 - Trecho do igarapé de Águas Claras, dentro da área do Projeto Bahia, onde se extrai ouro.

Para a identificação do material foi utilizada bibliografia usual, citada em Lisboa (1993) e também o método de identificação por comparação. As fotomicrografias foram feitas no microscópio binocular Nikon. Após identificado, montado e registrado, o material será incorporado ao herbário "João Murça Pires" do Museu Paraense Emílio Goeldi (MG). O material constante deste trabalho é apenas parte do que foi coletado, estando o restante em fase de identificação.

cm 1 2 3 4 5 6 SciELO 10 11 12 13 14 15



Figura 7 - Vista geral da mina de maganês do igarapé Azul. A poeira do minério espalha-se pelo ar.

O substrato sobre o qual as briófitas foram coletadas foi tipificado conforme a classificação de Robbins (1952): corticícolo, para tronco e ramos de árvores vivas; epíxilo, para ramos e troncos caídos e em decomposição; rupestre, para a superfície rochosa; terrestre, para a superfície do solo ou "litter".

RESULTADOS

Foram estudadas, até o momento, espécimes de 20 famílias de briófitas, das quais apenas três são famílias de hepáticas. Um total de 62 espécies estão relacionadas na Tabela 1, junto com o número de ocorrências, o ambiente onde foram coletadas, o substrato que ocupavam e o tipo de minério que se encontrava em maior quantidade no solo do local de coleta.

As famílias mais representativas, as espécies mais freqüentes, o ecossistema onde ocorreu maior diversidade de espécies, os substratos mais utilizados e os minérios sobre o qual se encontravam são destacados nas Figuras 8-12, respectivamente.

Tabela 1 - Briófitas da Serra dos Carajás, Pará. N = número de ocorrências. Legenda: Substratos: C = Corticícolo; E = Epíxilo; T = Terrestre; R = Rupestre; Ecossistemas: C = Capoeira; Cg = Canga; V = Várzea; TF = Mata de terra firme; Minérios: Au = Ouro (Igarapé Bahia); Cu = Cobre (Igarapé Salobo); Fe = Ferro (Canga); Mg = Manganês (Igarapé Azul); Ni = Níquel (Serra Vermelha).

Familia / Espécie	N	Cg	C	V	TF	C	E	R	T	Fe	Ni	Cu	Au	Mg
BARTRAMIACEAE														
Philonotis sp.	1	1						1		1				
P. uncinata (Schwaegr.) Brid. *var. uncinata*	1				1			1		1				
P. uncinata var. glaucescens (Hornsch.) Florsch.	2	2						2		2				
BRYACEAE														
Bryum capillare Hedw.	5	4			1			2	3	5				
B. coronatum Schwaegr.	18	11	2		5			16	2	12	1		5	
B. subverticillatum (Broth.) Ochi	1	1						1		1				
CALYMPERACEAE														
Syrrhopodon circinatus (Brid.) Mitt.	1				1	1							1	
S. cryptocarpus Dozy & Molk.	2	2						2		2				
S. incompletus Schwaegr. var. *incompletus*	14	7		1	6	8	4	2		1	4	4	3	2
S. prolifer Schwaegr. var. *acanthoneuros* (C. Müll) C. Müll.	14	13			1			12	2	12	1	1		
S. prolifer Schwaegr. var. *prolifer*	17	1		1	6	6	1	1		1	1	4	2	
S. ligulatus Mont.	17	14	1		2	9	8			9	6	2		
S. xanthophyllus Mitt.	2	2					2			1	1			
S. hornschuchii Mont.	2	2				1	1				2			
S. parasiticus (Brid.) Besch. var. *parasiticus*	1				1	1								1
Calymperes lonchophyllum Schwaegr.	29	1		4	24	22	6	1		1	1	2	19	6
C. afzelii Sw.	10	3	1	2	4	6	1	3			3	4	2	1
C. nicaraguense Ren. & Card.	5	3			2	2		3		1	2	1	1	
C. uleanum Broth.	4			2	2	3	1			1		2	1	
C. palisotii Schwaegr.	7	4		1	2	5	1	1		1	4	2		
C. erosum C.Müll	5	4			1		3	2			4	1		

Familia / Espécie	N	Cg	C	V	TF	C	E	R	T	Fe	Ni	Cu	Au	Mg
DICRANACEAE														
Campylopus savannarum (C. Müll.) Mitt.	51	43	2		6	4	6	36	5	45		5		1
C. pilifer Bridel ssp. *pilifer* var. *pilifer*	4	4						2	2	3		1		
C. surinamensis C. Müll.	13	7	4		2		7	3	3	12		1		
Dicranella hilariana (Mont.) Mitt.	1				1				1	1				
Holomitrium arboreum Mitt.	1	1					1			1				
Leucoloma tortellum (Mitt.) Jaeg	6	6						6		6				
FISSIDENTACEAE														
Fissidens guianensis Brid.	7	7					1	6		7				
F. radicans Mont.	1	1				1					1			
F. diplodus Mitt.	1	1					1			1				
HOOKERIACEAE														
Lepidopilum stolonaceum C. Müll.	1				1	1								1
L. scabrisetum (Schwaegr.) Steere	1				1	1						1		
Calicostella pallida (Hornsch.) Angstr.	3	1			2		1	2				1	1	1
Calicostella merkelii (Hornsch.) Jaeg.	2	1			1		1		1				1	1
HYPNACEAE														
Vesicularia vesicularis (Schwaegr.) Broth.	3			1	2		2	1				1	2	
Ectropothecium aeruginosum (C. Müll.) Mitt.	3	1			2		2	1				2		1
E. leptochaeton (Schwaegr.) Buck	7	3			4		4	2	1	1		3	1	2
Chryso-hypnum diminutivum (Hampe) Buck	3	1			2	1	1	1		1			1	1
Isopterygium tenerum (Sw.) Mitt.	26	12	4	1	9	8	13	5		12		9	1	4
Isopterygium sp.	1				1				1				1	
LEUCOBRYACEAE														
Octoblepharum cylindricum Mont.	1	1					1			1				
O. albidum Hedw. var. *albidum*	4	3			1	1	2	1		4				
Leucobryum albidum (Brid. ex P.Beauv.)Lindb.	1	1						1		1				
Ochrobryum stenophyllum Besch.	1	1					1			1				
LEUCODONTACEAE														
Henicodium geniculatum (Mitt.) Crum et Steere.	5		1		4	2	2		1			1	4	
Pseudocryphaea domingensis (Spreng.) Buck	1				1	1								1

Familia / Espécie	N	Cg	C	V	TF	C	E	R	T	Fe	Ni	Cu	Au	Mg
LEJEUNEACEAE														
Mastigolejeunea auriculata (Wils.et Hook.) Schiffn.	1	1						1		1				
NECKERACEAE														
Porotrichum plicatulum Mitt.	1				1	1								1
PHYLLOGONIACEAE														
Catagonium nitidum (Hook. f. et Wils.) Broth.	1	1				1					1			
RACOPILACEAE														
Racopilum tomentosum (Hedw.) Brid.	8	4			4	3	4	1		1			3	4
SEMATOPHYLLACEAE														
Sematophyllum subsimplex (Hedw.) Mitt.	9	7			2	4	2	3		7	1	1		
S. subpinnatum (Brid.) Britt.	1	1					1			1				
Taxithelium planum (Brid.) Mitt.	1				1	1							1	
T. portoricense Williams	1				1				1				1	
STEREOPHYLLACEAE														
Pilosium chlorophyllum (Hornsch.) C.Müll.	6	5			1	1	1	4		5		1		
Entodontopsis leucostega (Brid.) Buck & Ireland.	3	3						3		3				
THUIDIACEAE														
Cyrto-hypnum involvens (Hedw.) Buck & Crum	3	1			2	1	1		1			1	1	1
ORTHOTRICHACEAE														
Macromitrium stellulatum (Hornsch.) Brid.	6	5	1					5	1	1	5			
Groutiella tumidula (Mitt.) Vitt	1	1						1			1			
PTEROBRYACEAE														
Jaegerina scariosa (Lor.) Arz.	7				7	4	3						4	3
CALYPOGEIACEAE														
Calypogeia amazonica (Spruce) Steph.	7	1			6			2	5	2			3	2
LOPHOCOLEACEAE														
Lophocolea martiana Nees	4				4	4				4				

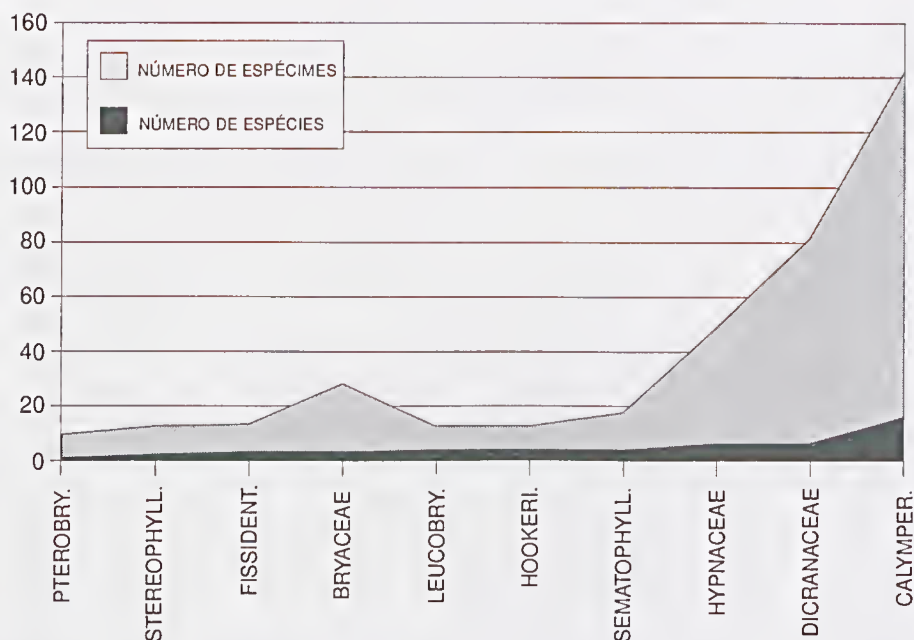


Figura 8 - Famílias de Briófilas mais representativas.

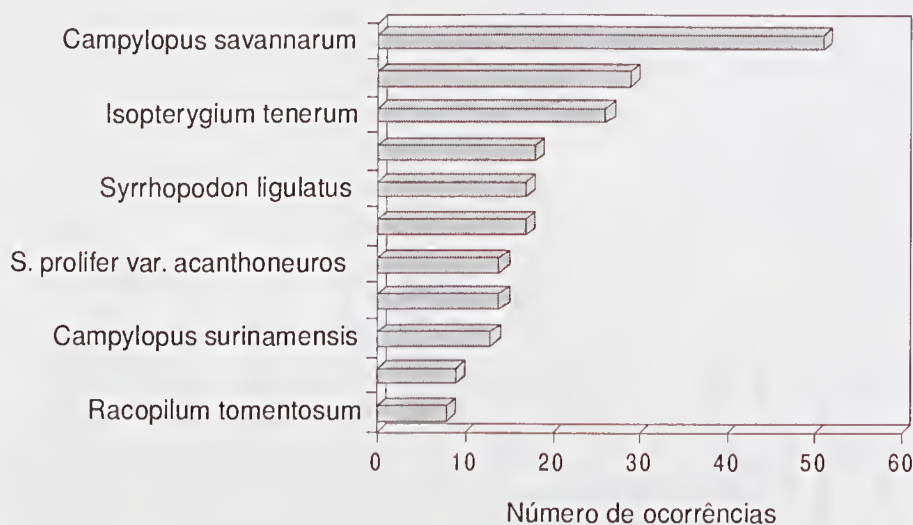


Figura 9 - Briófitas mais freqüentes da Serra dos Carjás.

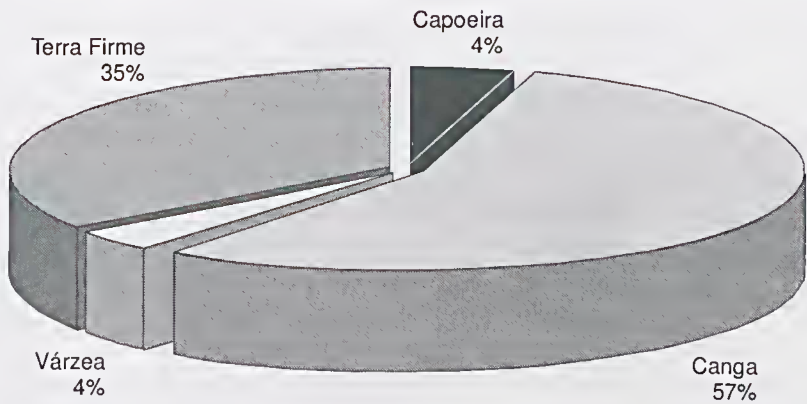


Figura 10 - Ocorrência de espécies de Briófitas por ecossistemas.

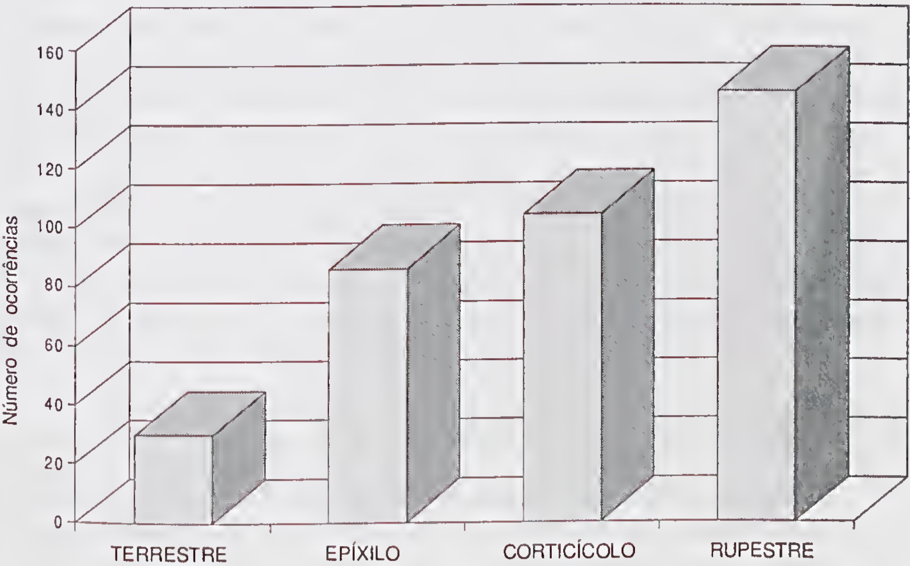


Figura 11: substratos preferenciais das Briófitas

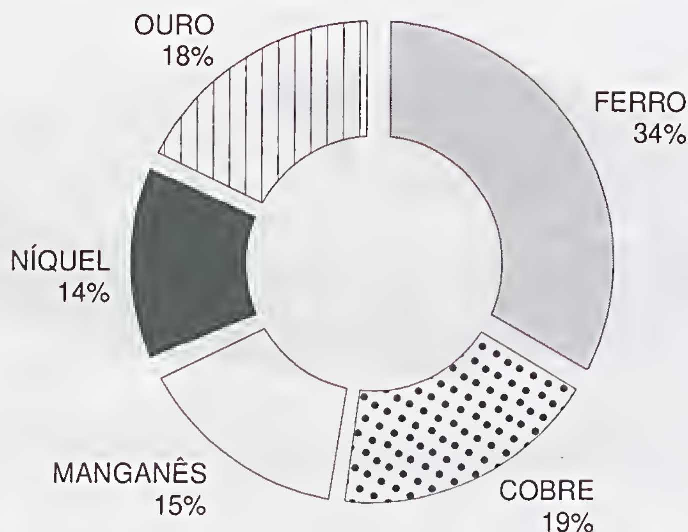


Figura 12 - Diversidade específica de Briófitas, por minérios.

A Tabela 1 apresenta algumas espécies coletadas e identificadas durante o desenvolvimento deste trabalho e que foram indicadas como novas ocorrências nos trabalhos de Lisboa (1994) e Lisboa & Borges (1995). Em Lisboa (1994), as espécies *Bryum subverticillatum* (Broth.) Ochi (Figura 13), *Porotrichum plicatulum* Mitt., *Lepidopilum scabrisetum* (Schwaegr.) Steere e *L. stolonaceum* são ilustradas e comentadas como novas ocorrências para o Estado do Pará. Lisboa & Borges (1995) também ilustram e comentam como novas ocorrências para o Estado do Pará, as espécies *Campylopus pilifer* Bridel ssp. *pilifer* var. *pilifer* e *Taxithelium portoricense* Williams.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Das vinte famílias relacionadas na Tabela 1, dez destacam-se quanto ao número de espécies, de acordo com o Figura 8, sendo que Calymperaceae, Dicranaceae e Hypnaceae, com 130, 76 e 43 coletas, representando 15, 6 e 6 espécies, respectivamente (Tabela 1), são as mais diversificadas. Bryaceae, com apenas três espécies, destaca-se com 24 coletas. *Campylopus savannarum*

(Figura 14) é, de longe, a espécie mais freqüente, como evidenciado no Figura 9. *Calymperes lonchophyllum, Isopterygium tenerum* e *Bryum coronatum* (Figura 15) vêem a seguir, de um total de 63 espécies já identificadas para a área. A Figura 10 mostra maior diversidade de espécies na canga (57%). Este resultado provavelmente será alterado quando a totalidade do material coletado for identificado, porque é na mata de terra firme que há melhores condições ambientais para as briófitas, no que se refere a disponibilidade de substratos, sombra, umidade e temperaturas mais amenas.

O substrato preferido das briófitas na Serra dos Carajás, apresentado na Figura 11, é o rupestre, o que se explica pela grande quantidade de espécies de Dicranaceae que se localizam diretamente sobre o minério de ferro, na canga. A maior diversidade específica está em ambiente cujo solo é mais rico em ferro, bem caracterizado na Figura 12, onde 33% das 63 espécies relacionadas para a Serra dos Carajás são encontradas nas áreas ricas em ferro. *Campylopus savannarum* é a espécie mais freqüente neste ecossistema. Mas também foi encontrada na vegetação do igarapé Salobo (cobre) e igarapé Bahia(ouro). *Campylopus surinamensis* é outro musgo muito comum na canga, assim como *Pilosium chlorophyllum* (Figura 16) e *Macromitrium stellulatum* (Figura 17). *Calymperes lonchophyllum* é a espécie mais freqüente na mata alta do projeto Bahia, vegetação sobre minério de ouro.

Devido ao fato de a grande parte do material coletado ainda não estar identificado, os resultados apresentados estão sujeitos a alterações que, caso ocorram de maneira significante, comprovará a necessidade de coletas extensivas, seguidas de um criterioso trabalho de identificação, para se ter um bom conhecimento da diversidade específica de uma área.

Considerações sobre espécies de briófitas associadas a depósitos minerais só poderão ser feitas quando todo o material coletado estiver identificado.



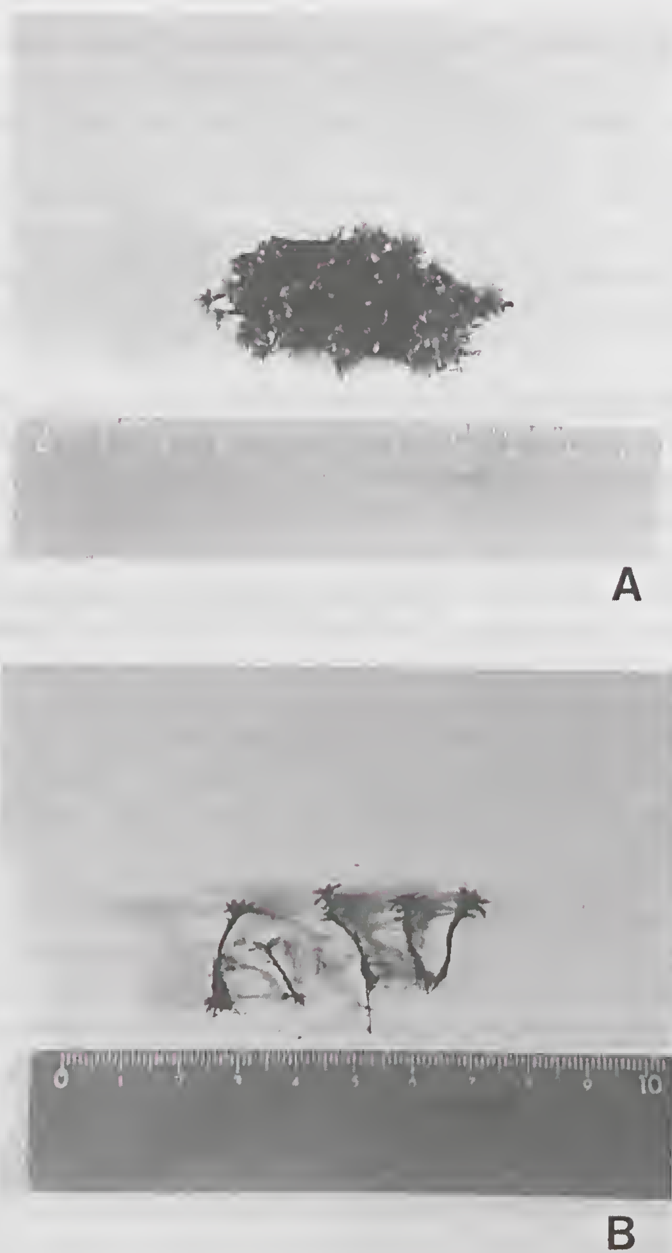


Figura 13 - *Bryum subverticillatum* (Broth.) Ochi. **A**, Gametófitos agrupados; **B**, Gametófitos isolados (J. Ramos & C. Rosário, 635).



Figura 14 - *Campylopus savannarum* (C. Müll.) Mitt. A, Gametófitos agrupados (J. Ramos & C. Rosário, 246); B, Gametófitos com esporófitos (J. Ramos & C. Rosário, 651).

cm 1 2 3 4 5 6 SciELO 10 11 12 13 14 15

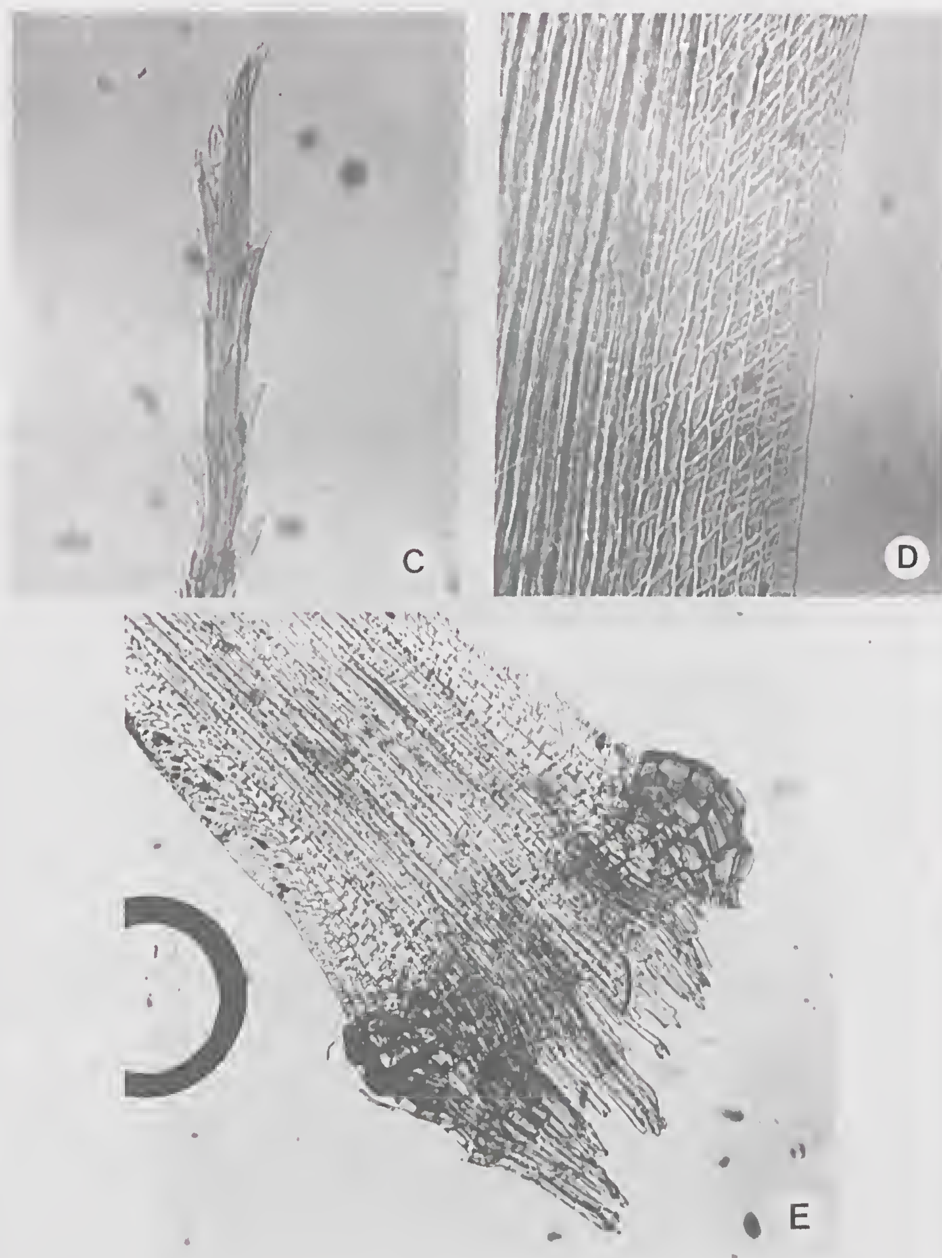


Figura 14 - *Campylopus savannarum* (C. Müll.) Mitt. **C**, Ápice do filídio, 250X; **D**, Células da margem do filídio, 250X; **E**, Células alares do filídio, avermelhadas e infladas (R. Lisboa, 2122).



Figura 15 - *Bryum coronatum* Schwaegr. Gametófitos apresentando esporófito (J. Ramos & C. Rosário, 1080).



Figura 16 - *Pilosium chlorophyllum* (Hornsch.) C. Müll. Gametófitos completamente aderidos ao substrato, neste caso minérios de ferro (J. Ramos & C. Rosário, 134).



Figura 17 - *Macromitrium stellulatum* (Hornsch.) Brid. Gametófitos também aderidos ao substrato e apresentando esporófitos onde se vê claramente caliptras mitriformes (J. Ramos & C. Rosário, 692).

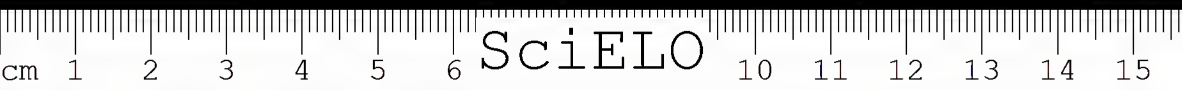
AGRADECIMENTOS

À Companhia Vale do Rio Doce, à Fundação Magareth Mee, ao Fundo Nacional de Meio Ambiente (FNMA) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, pelo apoio financeiro dado ao projeto. Ao Samuel Almeida pelas sugestões e auxílio na elaboração do "Abstract".

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDO, H. & MATSUO, A. 1984. Applied Bryology. In: SCHULTZE-MOTEL, C. V. (ed.). *Advances in bryology*. Germany,Cramer. v. 2, p.133-230.

PROJETO *RADAM* BRASIL. 1981. *Folhas SB 22 (Araguai)a e parte da folha SC 22 (Tocantins): Geologia, geomorfologia, solos, vegetação, uso potencial da terra*. Rio de Janeiro, Departamento Nacional de Produção Mineral (Levantamento de Recursos Naturais, 4).



CONSELHO INTERMINISTERIAL DO PROGRAMA GRANDE CARAJÁS. 1981. *Programa Grande Carajás: aspectos físicos, demográficos e fundiários*, Rio de Janeiro.

DINIZ, L.; ALVES, M.B. & SÁ, R.M.S. 1982. *Carajás, informações documentais*, v.1. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi.

FLORES, R.A.L.; ALVES, M.B.M. & SÁ, R.M.S. 1983. *Carajás, informações documentais*, v. 2. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi.

LISBOA, R.C.L. 1993. *Musgos acrocárpicos do Estado de Rondônia*. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, 272p.

LISBOA, R.C.L. 1994. Adições à brioflora do Estado do Pará. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, sér. Bot.*, 10(1): 15-42.

LISBOA, R.C.L. & BORGES, A.L.I. 1995. Novas adições à brioflora do Estado do Pará. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, sér. Bot.*

ROBBINS, R.G. 1952. Bryophyte ecology of a dune area in New Zealand. *Vegetatio, Acta Geobot.*, 4: 1-31.

SECCO, R.S. & MESQUITA, A.L. 1983. Notas sobre a vegetação de canga da Serra Norte-1. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, n. sér., Bot.*, Belém, (59): 1-13.

SILVA, M.F.F. 1991. Análise florística da vegetação que ocorre sobre canga hematítica em Carajás, Pará (Brasil). *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, sér. Bot.*, 7(1): 79-107.

